



HN RADIO RT-1728A ELINKAARI- TUTKIMUS

Jyrki Alhainen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Automaatiotekniikka

JYRKI ALHAINEN:
HN radio RT-1728A elinkaaritutkimus

Opinnäytetyö 32 sivua
Marraskuu 2013

Patria selvittää mahdollisuutta asentaa Ilmavoimien Sveitsistä hankkimiin Hawk Mk.66 suihkuharjoituskoneisiin koulutusdatalinkin, järjestelmän joka mahdollistaa lentokoneiden välisen tiedonsiirron. RT-1728A on varteenotettava vaihtoehto radioksi tähän järjestelmään.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään em. radion vikamäärä ja vikaantumistiheys vuosittain sekä koko radiolle että radion alamoduuleille. Näiden tietojen perusteella tehdään arvio radion vikaantumiselle tulevaisuudessa. Lisäksi tutkitaan onko komponenttien joukossa niitä, joiden valmistus on lopetettu ja joiden heikko saatavuus saattaa vaarantaa laitteen ylläpitokyvyn.

Nykyisin tämä radio korjataan valmistajan toimesta. Työssä selvitetään olemassa olevan ohjeistuksen, testilaitteiden ja henkilökunnan koulutuksen taso ja pohditaan onko se riittävä, jotta laite voidaan korjata Patrian omin voimin. Lisäksi pohditaan toimenpiteitä, joilla ylläpitokykyä voidaan parantaa ja onko korjaaminen Patrialla ollenkaan kannattavaa tai edes tarpeellista.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

JYRKI ALHAINEN:
Life cycle study of RT-1728A radio

Bachelor's thesis 32 pages
November 2013

Patria explores the possibility of installing training data link to Finnish Air force Hawk Mk.66 jet trainer aircraft, purchased from Switzerland. Data link system enables data transfer between aircrafts. RT-1728A is a viable option for a radio to this system.

This bachelor's thesis explores fail count and fail frequency of this radio and its sub modules in yearly basis. Estimated fail count in the future is made based on this information. Also the obsolescence status of components will be investigated, because obsolescence risks the maintenance ability.

Currently this radio is repaired by manufacturer. This thesis will find out the quality of present manuals, testing equipment and personnel training level and argue if it is good enough that Patria could repair this radio by itself. Also there is consideration what are those actions to improve the maintenance ability and if the repairing in Patria is economically profitable or necessary at all.

Key words: life cycle, radio, fail count, maintenance ability

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	RADION RT-1728A ESITTELY	7
3	OBSOLIITTISELVITYS	10
3.1	Määritelmä	10
3.2	Menetelmä	11
3.3	Tulokset	13
4	VIKASTATISTIIKKA.....	16
4.1	Toteutustapa.....	16
4.2	Moduulivat.....	17
4.3	Modifikaatio ja laitemäärä	18
4.4	Lentotunnit aiemmin	18
4.5	Tulevaisuuden lentotunnit.....	19
4.6	Radiovat.....	20
4.7	Radion vikaantumistiheys.....	22
4.8	Radion vikaantumismäärä.....	23
4.9	Moduulien vikaantumistiheys ja -määrä.....	24
5	TESTILAITTEET	25
6	OHJEET JA DOKUMENTIT	26
7	POHDINTA.....	27
7.1	Yleistä	27
7.2	Testilaitteet.....	27
7.3	Ohjeistus	28
7.4	Koulutus.....	28
7.5	Varaosat	28
7.6	Pitäytyminen nykykonseptissa.....	30
7.7	Yhteenveto	30
	LÄHTEET.....	32

ERITYISSANASTO

AN/ARC-210(V)	Radiotyyppi (sama kuin RT-1728A)
Boeing F-18 C/D	Monitoimihävittäjä
BOM	Bill Of Material
Hawk Mk.66	Suihkuharjoituskone
Hornet	Boeing F-18 C/D koneen kutsumanimi
LTJ	Suomen ilmavoimien laiteurantajärjestelmä
Modifikaatio	Muutos
Obsoliitti	Komponentti, jonka valmistus on lopetettu (obsolescence)
RT-1728A	Radiotyyppi (sama kuin AN/ARC-210(V))
YTEOL	Years To End Of Life

1 JOHDANTO

Suomen ilmavoimat hankki Sveitsistä 18 kappaletta käytettyjä Hawk Mk.66 suihkuharjoituskoneita. Patria selvittää mahdollisuutta asentaa näihin koneisiin koulutusdatalinkin, järjestelmän joka mahdollistaa lentokoneiden välisen tiedonsiirron. Koulutusdatalinkki tarvitsee oman radion ja RT-1728A olisi sopiva tähän tarkoitukseen.

Kyseinen radio on Boeing F-18 C/D Hornet monitoimihävittäjän kommunikaatioradio. Alkujaan näitä radioita oli Hornetissa kaksi kappaletta, mutta toinen on korvattu erityyppisellä laitteella vuonna 2012, joten näitä radioita on varalaitteina runsaasti. Tästä syystä ylimääräisiä varalaitteita voitaisiin ottaa käyttöön HW Mk.66:n koulutusdatalinkin yhteysradioina.

Koska RT-1728A on vanha laite, pitää varmistua että komponentit, joista se on rakennettu, ovat saatavilla nyt ja vielä tulevaisuudessa, tai vaihtoehtoisesti etsiä niille korvaavat varaosat. Tämä ns. obsoliittiselvitys oli eräs keskeinen osa tätä tutkimusta.

Toinen osuus tutkimusta oli vikatilastojen selvitys ja sen perusteella kriittisimpien komponenttien määrittäminen tulevaisuuden laitekannan ylläpidon kannalta. Vikatilastoista pyrittiin määrittämään laitteen vikaantumisväli. Myös tulevat lentotuntiarviot niin HW Mk.66:n kuin Hornetin osalta tuli selvittää, joiden pohjalta tuli tehdä arvio tulevasta vikaantumismäärästä.

Kolmanneksi piti määrittää testilaitteiston taso, kyetäänkö sillä toteuttamaan laitteen ylläpito tulevaisuudessa ja onko olemassa oleva ohjeistus ja dokumentaatio riittävä halettuun toimintaan. Henkilöstön valmius ja koulutustaso tulevaisuuden suunnitelmia varten tuli myös määrittää.

Lopuksi määritettiin täyttyvätkö edellä mainitut edellytykset ja mikäli näin ei ole, mitkä ovat ne toimenpiteet joilla asiantila korjataan.

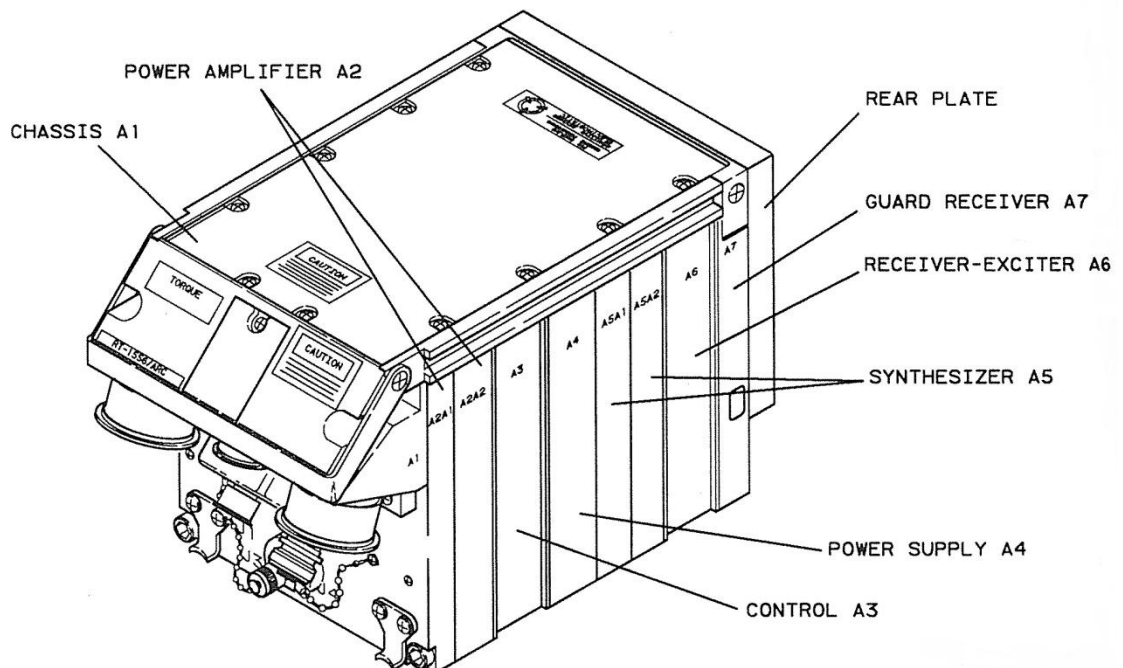
2 RADION RT-1728A ESITTELY

Radio RT-1728A, toiselta nimeltään AN/ARC-210(V), on Rockwell Collinsin valmistama kommunikaattioradio. Tämä malli on varta vasten Suomen ilmavoimille valmistettu. Tätä nimenomaista mallia ei ole muualla maailmassa käytössä. Radio rakentuu runko-osasta ja siihen kiinnitetyistä seitsemästä alamoduulista.

Alamoduulit ovat:

- Chassis A1
- Power amplifier module A2
- Control module A3
- Power supply module A4
- Synthesizer module A5
- Receiver-exciter module A6
- Guard receiver module A7

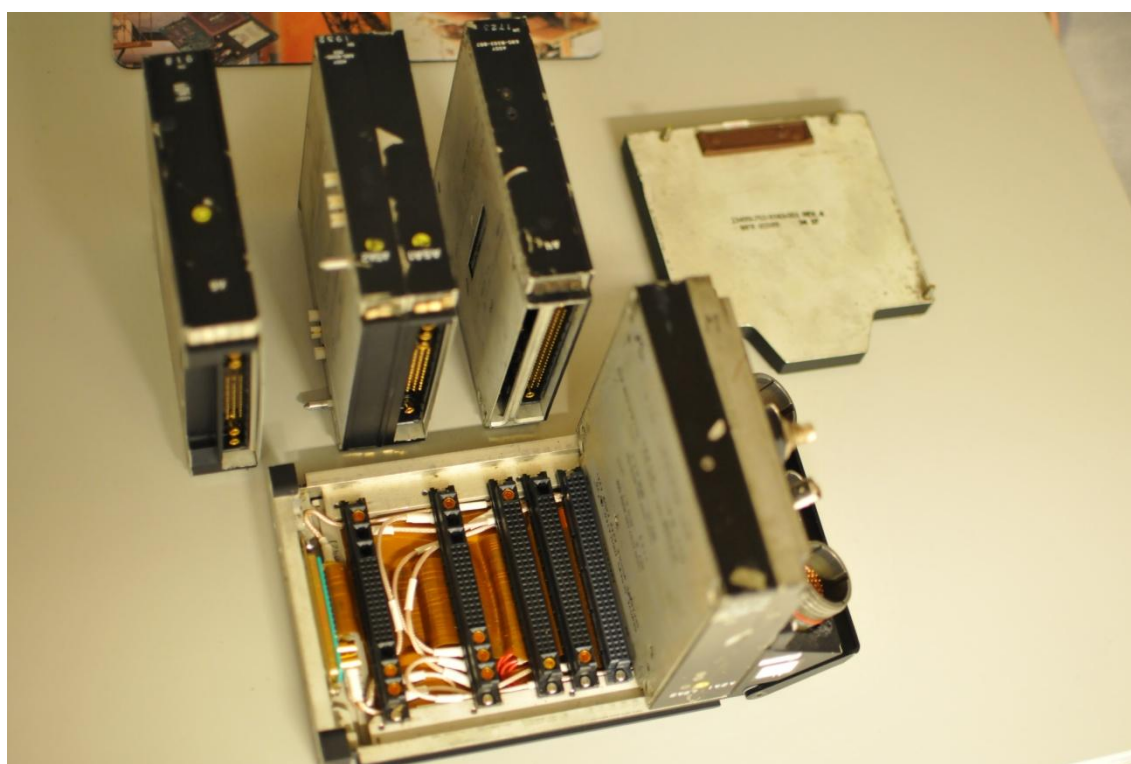
Radio alamoduuleineen on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Radio RT-1728A (Rockwell Collins)

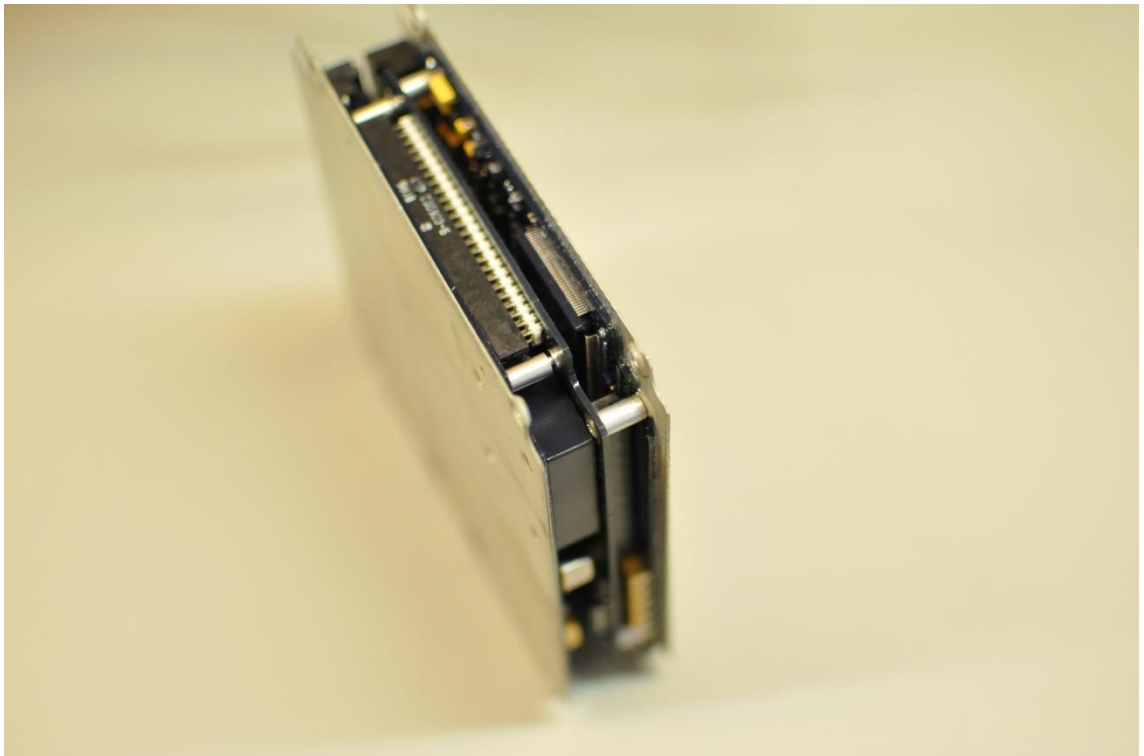
Moduuli A2 (Power amplifier) koostuu kahdesta erillisestä alamoduulista, jotka ovat A2A1 ja A2A2. Myös moduuli A5 (Synthesizer) koostuu samaan tapaan kahdesta eri alamoduulista, nämä ovat A5A1 ja A5A2. Kaikki muut moduulit ovat yhden ”paketin” kokonaisuuksia.

Pohjalevy A1 (Chassis) on laitteen emolevy, jonka kautta muut moduulit liittyvät toisiinsa ja radion ulkoisiin liittämiin. Pohjalevy ja moduulien kiinnitystapa pohjalevyyn on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. RT-1728A radio purettuna

Muut alamoduulit koostuvat kahdesta vastakkain asennetusta piirikortista. Joissakin moduuleissa on vielä kolmas kortti niiden välissä. Rakenne selviää paremmin kuvasta 3. Piirikortit ovat toteutettu pintaliitostekniikkaa käyttäen. Kunkin moduulin reunimmaisat piirikortit ovat kiinnitetty metallilevyyn, joka toimii häiriösuojauksena moduulien välillä.



KUVA 3. Moduulin rakenne

Tutkimuksen kohteena oleva radio on modifioitu lukuun ottamatta muutamaa yksilöä, joten sitä löytyy kahdessa eri muutostasossa. Muutoksessa on vaihdettu pohjalevy A1 ja kontrollimoduuli A3 uuden tyyppisiksi ja näin radioon on saatu taajuushyppelytoiminto. Tätä toimintoa ei tulisi käyttää Hawkin koulutusdatalinkissä, mistä johtuen sekä modifioitu että modifioimaton versio soveltuu Hawk-käyttöön.

3 OBSOLIITTISELVITYS

3.1 Määritelmä

Obsoliittiselvitys tarkoittaa sitä, että määritetään komponentin saatavuustilanne markkinoilla nyt ja tulevaisuudessa. Halutaan siis tietää onko komponentti vielä tuotannossa ja jos on, kiinnostavaa on tietää, miten kauan tuotanto jatkuu. Tämä on arvio, jonka laskeminen perustuu obsoliittihallintatyökalun valmistajan eli IHS:n komponenttivalmistajilta saamiin tietoihin.

Tärkeä tieto on myös valmistajien lukumäärä, yksi vai useampi. Tilanne on parempi, jos toimittajavaihtoehtoja on useampi kuin yksi, tämä tietää sitä että suurempi kappalemäärä on saatavilla ja todennäköisesti hinta on edullisempi.

Jos tuotanto on loppunut, halutaan tietää onko markkinoilla vielä vanhaa varastoa tarjolla, jolloin saattaa olla järkevää valmistautua tulevaan ja ostaa riittävä määrä kyseisiä komponentteja varastoon. Mikäli tuotannosta poistuneelle komponentille on olemassa tuotannossa oleva korvaava komponentti, halutaan tietää mikä on osanumero ja valmistaja tuolle komponentille.

Edellä mainittujen asioiden selvittämiseksi on kehitetty sovelluksia, joilla kyseiset tiedot saadaan selville nopeammin ja yhdellä kertaa. Niiden toiminta perustuu laajaan, jatkuvasti ylläpidettävään tietokantaan, jonka koko on yli 100 miljoonaa osanumeroa. Vaikka tietokanta on suuri, niin kaikenkattavaa sekään ei ole.

Varsinkin sotilaspuolella, jossa laitteiden käyttöikä on yleensä hyvin pitkä, voi olla käytössä komponentteja joiden valmistus on aloitettu kymmeniä vuosia sitten. On enemmän kuin todennäköistä että tällaisten komponenttien tuotanto loppuu ennen laitteen käytön loppumista.

Näissä tapauksissa pitää ennakoida tuleva tarve ja ostaa varastoon riittävä määrä niitä komponentteja, joiden tuotannon arvellaan loppuvan ennen kuin niiden tarve loppuu. Tällainen toiminta ei onnistu ilman obsoliittihallintaohjelmaa.

Obsoliittityökaluun voidaan ladata osanumeroita, sekä yksitellen että luettelomuodossa, yleensä Excel-formaatissa. Tulokset voidaan niin ikään saada Excel-muodossa raportiksi, jota voi myöhemmin itse muokata haluamansa näköiseksi. Taulukossa on runsaasti sarakkeita, jotka sisältävät aiemmin kerrottua tietoa komponentista, mikäli kyseisen komponentin osanumero sisältyy tietokantaan.

3.2 Menetelmä

Selvitystyö aloitettiin luetteloimalla osaluetteloista osanumerot Excel-tilukkuun. Aivan kaikkia komponentteja ei luetteloitu, vaan lähdtettiin olettamuksesta, että vastukset ja kondensaattorit ovat helposti korvattavissa olevia komponentteja.

Tutkimuksen alaisesta radiosta on olemassa osaluettelot ja osasijoittelukuvat, joiden pohjalta laadittiin Excel-tilukko. Osaluettelossa oli käytetty osanumeroina Rockwell Collins -numeroita ja huomattiin, että obsoliittihallinta-ohjelma ei tunnista näitä numeroita.

Tästä syystä radiosta piti purkaa moduulit irti ja edelleen moduuleista piirikortit irti, jotta voitiin katsoa komponenttien pintaan painetut valmistajan tyyppimerkinnät. Tämä onnistuikin IC piirien kohdalla, lukuun ottamatta joitakin piirejä, jotka olivat reunoitetaan kiinni juotettujen suojakansien alla. Tämän kaltainen häiriösuojaus on tyyppillistä radioille ja muille RF-laitteille. Sen sijaan pintaliitostansistorit, -diodit ja -kelat ajateltiin olevan helpommin korvattavia komponentteja, joten obsoliittiselvitys rajattiin IC-piireihin.

Taulukkuun kirjattiin osanumeron lisäksi tieto siitä, missä moduulissa kyseinen komponentti sijaitsee sekä osan indeksi. Suojakansien alla olevat IC-piirit kirjattiin listaan kysymysmerkkeinä. Kun halutut osat oli koostettu Excel-tilukkuun, jota kutsutaan BOM-listaksi (BOM = Bill Of Material), taulukko ladattiin obsoliittihallintaohjelmaan. Käytössä oli IHS BOM Manager -ohjelma, joka on web-selaimella toimiva sovellus.

Ensiksi tuloksista selvitettiin ns. exeptions -määritteen saaneet komponentit. Tällä tarkoitetaan osanumeroita, joita ohjelma ei löytänyt täsmälleen samalla numerolla, mutta saattoi löytää useita vaihtoehtoja hieman haettua numeroa poikkeavalla lopulla. Nämä loppukirjaimet tarkoittavat yleensä kotelotyyppiä ja lämpötila-aluetta.

Samasta komponentista saattaa olla eri versioita eri kotelotyypillä, esimerkiksi pintaliitoskotelolla ja läpiladottavalla kotelolla. Jokaiselle eri kotelotyypille on eri lämpötila-alueella olevia vaihtoehtoja. Kaupallisissa komponenteissa on suppein alue, yleensä vain nollan yläpuolisiin lämpötiloihin tarkoitettuja malleja. Seuraava laajemman lämpötila-alueen omaava malli on teollisuusmalli ja vielä vaativimpaan käyttöön tarkoitettu on military-malli.

Sotilas- tai ilmailulaitteissa eivät yleensä kaikki komponentit ole military-mallia vaikka niin saattaisi olettaa. Kaikkia komponentteja ei yksinkertaisesti ole tarjolla military-versiona. Tämä pitää tiedostaa kun valitsee korvaavia komponentteja.

Internet tarjoaa melko kattavasti eri valmistajien komponenttien spesifikaatiosivuja. Apuna käytettiin Datasheet Catalogia (www.datasheetcatalog.com) sekä Texas Instruments logic cross-referenceä (<http://www.ti.com/lit/ml/scyb017a/scyb017a.pdf>). Näitä hyödyntäen selvitettiin obsoliittiohjelman tarjoamista vaihtoehtoista vaatimukset täyttävät osanumerot. Näiden korjausten jälkeen ajettiin BOM-lista uudelleen. Taulukossa 1 on lueteltu ne osat jotka saivat exeption-määrittteen, sekä niiden korjatut osanumerot.

TAULUKKO 1. Exeption-osanumerot

Exeption nro	Korjattu nro
MAX667	MAX667ESA
MAX690A	MAX690AESA
MAX907MSA	MAX907ESA
54HC04	SN74HC04DT
54HC04M	SN74HC04DBR
54HC14	SN74HC14DT
54HC367M	SN74HC367DT

Ohjelmasta ajettiin ulos raportti Excel-muodossa, josta karsittiin kaikki moninkertaiset osanumerot. Sama piiri saattaa olla käytössä useassa eri moduulissa. Ainoat moninkertaiset osanumerot, jotka listaan jätettiin, olivat kysymysmerkit eli ne piirit, jotka olivat suojakansien alla, eikä niiden osanumeroja pystytty lukemaan. Syy tähän oli se, että jos

joskus saadaan selville esimerkiksi valmistajalta niiden osanumerot, tätä listaa voidaan täydentämällä hyödyntää uudelleen.

3.3 Tulokset

Obsoliittihallintasoventukseen ladattiin BOM-lista, joka sisälsi 112 erilaista osanumeroa. Tuloksena saatiin raportti, jossa oli 82 osanumeroa, ohjelma oli poistanut tuplanumerot sekä kysymysmerkillä ilmoitetut osat. Raportti sisälsi 37 osanumeroa, joista löytyi obsolettitudot ja 45 osanumeroa, joita ohjelma ei tunnistanut. Tunnistetuista osanumeroista 7 oli niitä, joiden valmistus oli loppunut. Edellä mainitut tiedot havainnollistetaan taulukossa 2. Taulukossa 3 on esitetty niiden IC-piirien osanumerot, joiden tuotanto on loppunut.

TAULUKKO 2. Obsoliittiselvityksen osumaluvut

Tunnistetut yhteensä	37 kpl
Tuotannossa	30 kpl
Tuotanto lopetettu	7 kpl
Tunnistamattomat yhteensä	45 kpl
Yhteismäärä	82 kpl

TAULUKKO 3. Tuotannosta poistuneet komponentit

AD584SE
VM14069-B
MC33184D
CY7C109-20VI
54AC00LM
SE5534FKB
PM139ARC

Tuotannosta poistuneille IC -piireille korvaavan vaihtoehdon löytäminen ei ole aivan yksioikoinen asia. Vaikka korvaava komponentti sisältäisikin samat toiminnot, kaikkien ominaisuuksien olisi vastattava riittävällä tarkkuudella alkuperäisen piirin ominaisuuksia.

Tuotannossa vielä olevien komponenteista 22 oli niitä, joiden arvioidaan olevan tuotannossa vielä yli kahdeksan vuotta, yksi neljästä kahdeksaan vuotta ja kaksi sellaista joilla tämä arvio on kahdesta neljään vuotta. Viidestä tätä arviota ei saatu. Nämä on esitetty taulukossa 4. Taulukossa esiintyvä lyhenne YTEOL tarkoittaa Years To End Of Life eli vuosia elinkaaren loppuun.

TAULUKKO 4. Tuotannossa olevat komponentit

Mfr P/N	Mfr Status	Life Cycle Stage	Est YTEOL	Avail YTEOL	Part Type	Status
TL084MFK	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	ANALOG IC	Single Source
5962-87700012A	ACTIVE	MATURE	10	> 8	ANALOG IC	Single Source
LM139FK	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	ANALOG IC	Single Source
TL064MFKB	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	ANALOG IC	Single Source
SG2003L	ACTIVE	MATURE	10	> 8	TRANSISTOR	Multiple Source
SNJ54HC00FK	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	LOGIC IC	Single Source
DS2003TM	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	TRANSISTOR	Single Source
MAX333AMWP	ACTIVE	MATURE	9	> 8	UNCLASSIFIED	Single Source
S114DD-5	ACTIVE				ELECTROMECHANICAL	Single Source
MAX490ESA	ACTIVE	MATURE	9	> 8	INTERFACE IC	Single Source
SN74HC367DT	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	LOGIC IC	Multiple Source
SN74HC04DT	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	LOGIC IC	Single Source
MAX907ESA	ACTIVE	MATURE	9	> 8	ANALOG IC	Single Source
NHI-1561RTFP	CONSULT MFR				MICROPROCESSOR	Consult Mfr
MAX483ESA	ACTIVE	MATURE	9	> 8	INTERFACE IC	Single Source
LM2901M	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	ANALOG IC	Multiple Source
SN74HC14DT	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	LOGIC IC	Single Source
MAX690AESA	ACTIVE	MATURE	9	> 8	ANALOG IC	Single Source
MAX667ESA	ACTIVE	MATURE	9	> 8	ANALOG IC	Single Source
5962-9455804NZB	ACTIVE	MATURE	3.9	2 - 4	MICROPROCESSOR	Single Source
X28HC256JI-90	ACTIVE	DECLINE	3.93	2 - 4	MEMORY IC	Multiple Source
SG1548L	ACTIVE				ANALOG IC	Single Source
SG117L	ACTIVE	MATURE	8	4 - 8	ANALOG IC	Multiple Source
UC1706L	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	INTERFACE IC	Single Source
UC1843L	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	ANALOG IC	Single Source
SN74HC04DBR	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	LOGIC IC	Single Source
SMA37	ACTIVE				RF/MICROWAVE	Single Source
LM139FKB	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	ANALOG IC	Single Source
134999	ACTIVE				CONNECTOR	Single Source
SNJ54HC04FK	ACTIVE	MATURE	8.5	> 8	LOGIC IC	Single Source

Tunnistamattomien komponenttien joukossa, jotka on lueteltu taulukossa 5 on VM kirjainyhdistelmällä alkavia IC -piirejä 10 kpl, nämä ovat Rockwell Collinsin valmistamia piirejä, myös 276-0106-020 ja 984-0257-003 ovat saman valmistajan komponentteja. Näitä ei todennäköisesti ole saatavilla muualta kuin itse valmistajalta.

TAULUKKO 5. Tunnistamattomat osat

P/N	Nomenc	P/N	Nomenc
SW-903	IC	VMG4076-B	IC
?	IC	VM14071-B	IC
MP3603	IC	VM14070-B	IC
VM14144-B	IC	VM14068-B	IC
54HC595A	IC	VM14074-B	IC
R98-P1F	Transistor	VM14073-B	IC
R97-P2F	Transistor	MP3591	IC
276-0106-020	Transformer	MAX900BMLP	IC
LM614	IC	SP8695MG	IC
DFL15553-45	IC	VM14078-B	IC
VM14224-A	IC	SP8691MG	IC
MAX491MSD	IC	MCL914613	IC
VM14226-A	IC	MCL914712	IC
984-0257-003	IC	40820-001	Filter
24-1038-00	Coil	40840-001	Filter
24-1078-00	Transformer	1B9233A	IC
24-1032-02	Transformer	MIC205	IC
24-1031-00	Transformer	MP7524SL	IC
20-0849-00	Coil	49480-001	Filter
MP3726	IC	MC724A1-103	Osc
SG78051G	IC	MP3578	IC
MP7541SL	IC	0084-010	IC
52467	IC		

4 VIKASTATISTIIKKA

4.1 Toteutustapa

Tutkimuksen kohteena oleva radio on vikaannuttuaan testattu Patrialla ja testin pohjalta paikallistettu viallinen tai vialliset moduulit. Viallisiksi todetut moduulit ovat lähetetty valmistajalle korjaukseen.

Saatu tieto näiden korjausten sisällöstä on kovin puutteellinen. Muutamasta korjauksesta on tieto siitä, mitä komponentteja kustakin viallisesta kortista on ollut rikki ja jotka on vaihdettu ehjiin. Pääosasta korjatuista laitteista valmistaja ei ole tätä tietoa antanut. Tilanteen ollessa tämän kaltainen, jää vikastatistiikka korttitasolle.

Vikatilastointi suoritettiin siten, että kerättiin Ilmavoimien LTJ -järjestelmästä vikailmoitukset ja niihin liittyvät korjausselostukset. Näistä poimittiin irrotetut moduulit, korjatut moduulit sekä vaihdetut komponentit, mikäli tämä tieto oli tarjolla. Kaikki nämä tiedot vietiin Excel-taulukoon.

LTJ -järjestelmä on ohjelma, jota käytetään Ilmavoimien lentokonelaitteiden seurannassa. Jokaisesta aikavalvotusta laitteesta on tallennettu rekisteritiedot tietokantaan. Kaikki tapahtumat kuten vikahavainnot, vian kohdennukset ja korjausselostukset kirjataan järjestelmään. Järjestelmästä voi tehdä hakuja erilaisin hakukriteerein ja tulostaa raportteja haluamillaan rajoituksilla.

Aiemmin mainitun modifikaation yhteydessä radion osanumero muuttui, tätä hyödynnettiin ja tehtiin eri taulukot laitevioille ennen modifikaatiota ja modifikaation jälkeen. Näin voitaisiin nähdä onko modifikaatiolla mitään vaikutusta vikaantumisen painopisteisiin.

Tämän lisäksi eroteltiin eri taulukoihin havaitut viat ja korjatut viat, jotta voitaisiin nähdä täsmäävätkö ne keskenään. Heti havaittiinkin ristiriitaisuutta näiden tulosten välillä. Syynä tähän oli mm se, että on ollut tapana kerätä viallisia moduuleita eri laiteyksilöistä ja koota ne yhteen yksilöön, joka on lähetetty valmistajalle korjaukseen.

Tällaisen toiminnan harjoittaminen on järkevää ja taloudellista, mutta tilastointiin se tuo epätarkkuutta. Järkevää se on siksi, että korjauskierros valmistajalla kestää melko pitkään ja mieluummin lähetetään vain yksi laite kolmen laitteen asemasta. Moduulitasolla tämä ei vaikuta tilastoon, mutta viallisten alamoduulien kerääminen eri laitteista yhteen laitteeseen aiheuttaa ristiriitaisuutta.

Selvennetään asiaa esimerkin avulla: Eräästä radiosta irrotetaan viallinen alamoduuli A3A1, toisesta radiosta irrotetaan A3A2A1 ja kolmannesta A3A2A2. Nämä kolme alamoduulia asennetaan yhteen A3 moduuliin, joka kokonaisen radion osana käy valmistajalla korjauksessa. Tässä tapauksessa vikailmoituksen alaisia moduuleita on ollut kolme kappaletta, mutta korjattuja moduuleita onkin ollut vain yksi.

Toinen epätarkkuutta aiheuttava asia on se, että kaikkien valmistajalla korjauksessa käyneiden laitteiden korjausilmoituksia ei ole kirjattu LTJ -järjestelmään, koska valmistaja ei ole toimittanut korjausselostusta. Muutaman kohdalla oli vain lyhyt ilmoitus: ”Tullut valmistajalta korjauksesta, korjausilmoitusta ei ole saatu valmistajalta.”

4.2 Moduuliviat

Edellä mainittujen valittavien informaatiopuutteiden vuoksi vikatilasto ei ole aukoton ja sisältää epätarkkuutta, mutta tästäkin huolimatta voidaan nähdä muutama selvästi enemmän vikaantuva moduuli. Eniten vikaantumisia on esiintynyt A2, A3, ja A6 moduuleissa. Muutoksella ei ole ollut vaikutusta A3 moduulin vikaantumiseen, sen sijaan muutoksen jälkeen tehonsyöttömoduuli A4 on rikkoontunut useammin kuin ennen muutosta. Tämä tilasto esitetään taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Vikatilasto

KÄYTTÖ RAJOITETTU

4.3 Modifikaatio ja laitemäärä

Modifikaatio suoritettiin vuosien 2003 ja 2008 välillä, näistä suurin osa, 86 %, tehtiin vuonna 2005. Modifioituja RT-1728A radioita on X kpl, näistä X kpl sijaitsee Patrialla eri testipenkeissä lukuun ottamatta yhtä, joka on korjauskelvoton. Modifioimattomia RT-1728 radioita on kaksi kappaletta. (LTJ)

4.4 Lentotunnit aiemmin

Taulukossa 7 on esitetty kaikkien Suomen Ilmavoimien Hornet-hävittäjien yhteenlasketut lentotuntimäärät vuotta kohden aikavälillä 1998 – 2010 (Ilmavoimat).

TAULUKKO 7. Lentotuntimäärä vuositasolla

KÄYTTÖ RAJOITETTU

4.5 Tulevaisuuden lentotunnit

Tämän hetken tiedon (www.puolustusvoimat.fi) mukaan kaikilla Hawk Mk.66 harjoituskoneilla pyritään lentämään yhteensä X tuntia vuodessa ja Horneteilla niin ikään yhteensä X tuntia vuodessa. Horneteilla lennetään vuoteen 2030 saakka ja Hawk Mk.66:lla vuoteen 2035 asti eli viisi vuotta pidempään kuin Horneteilla. Hawkin elinkaaren loppuvuosina on runsaasti varaosalaitteita tarjolla Hornettien poistuttua palveluksesta.

4.6 Radioviat

Valitettavasti vikailmoituksissa ei muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta ole ilmoitettu laitteiden käyttötunteja edellisestä huollosta/korjauksesta, joten vikaantumisväliä ei tällä tavoin käyttötunteina kyetty määrittämään. Normaalisti vikailmoitukset sisältävät käyttötuntimäärän edellisestä huollosta, mutta valtaosa näistä korjauksista on tapahtunut ennen LTJ -järjestelmän käyttöönottoa ja aiemmasta paperidokumentteihin pohjautuvasta järjestelmästä tietoja siirrettäessä kaikkia tietoja ei olekaan tuotu LTJ -järjestelmään.

LTJ -järjestelmän vikailmoituksista kartoitettiin vuosiluvut, jolloin korjaukset, valmistajan korjauksessa käyneiden testaukset, testaukset joissa ei vikaa havaittu ja aiheettomat vikailmoitukset oli kirjattu. Kuten aiemmin on mainittu, viallisten moduulien kerääminen yhteen laiteyksilöön tuo jonkin verran epätarkkuutta tuloksiin, jotka on esitetty taulukoissa 8 ja 9. Oikeanpuoleisin sarake, joka on otsikoitu ”Aiheeton/kpl”, sisältää ne laitteet, joiden kohdalla vika on todistetusti ollut jossain muualla kuin vikailmoituksen kohteena olevassa laitteessa.

TAULUKKO 8. Radioviat ennen modifikaatiota

KÄYTTÖ RAJOITETTU

TAULUKKO 9. Radioviat modifikaation jälkeen

KÄYTTÖ RAJOITETTU

Edellä esitellyistä taulukoista ilmenee turhien laiteirrotusten suuri määrä. Ennen modifikaatiota niitä oli X kappaletta ja modifikaation jälkeen X kappaletta. Radiojärjestelmässä on esiintynyt muista kuin radiosta johtuvia häiriö- ja vikatilanteita huomattavasti enemmän kuin radion vikaantumisia.

Kun verrataan näitä tuloksia aiemmin esitettyihin moduulien vikaantumismääriin, voidaan todeta, että ennen modifikaation suorittamista irrotettuja moduuleita oli X kappaletta ja kokonaisia radioita oli Patrialla korjattu X kappaletta ja valmistajalla USA:ssa X kappaletta, yhteensä X kappaletta. Lukemat täsmäävät hyvin.

Modifikaation jälkeen irrotettuja moduuleita oli X kappaletta ja kokonaisia radioita korjattiin Patrialla X kappaletta ja valmistajalla X kappaletta eli yhteensä X kappaletta. Näiden lukemien välillä on X kappaleen ero.

Taulukossa 10 puolestaan on esitetty sekä modifioitujen että modifioimattomien laitteiden vikaantumiset vuositasona. Vuodesta 2006 eteenpäin vikaantuneitten voidaan katsoa olevan modifioituja, koska 91 % laitteista oli modifioitu ennen tätä vuotta, sitä aikaisemmat ovat modifioimattomia. Vikaantumismäärä näyttäisi olevan modifioituilla laitteilla vähäisempää kuin modifioimattomilla. Kyseessä saattaa olla elinkaaren alkuun

usein liittyvä suurempi vikaantumismäärä eli niin sanotut lastentaudit, jotka tuovat vaikutelman, että modifioimattomat olisivat vikaantuneet enemmän kuin modifioidut.

TAULUKKO 10. Radioiden vikaantumiset eri vuosina

KÄYTTÖ RAJOITETTU

4.7 Radion vikaantumistiheys

Keskiarvon mukainen RT1728 ja RT1728A radion vikaantumistiheys on ollut X tuntia aikavälillä 1998 – 2010 (Huom. Radioita on ollut kaksi kappaletta yhdessä koneessa). Vikaantumisväli vuosittain on esitetty taulukossa 11. Laskennassa on käytetty toteutuneita lentotuntimääriä.

Vuosikohtaisesti lasketut vikaantumisvälit eivät edusta todellisuutta, koska korjaus ei aina osu samalle vuodelle kuin vikaantuminen. Varsinkin valmistajalla käyneet laitteet viipyvät korjauskierroksella pitkään. Taulukon toiseksi viimeisellä rivillä on koko ajanjakson väliltä laskettu vikaantumistiheys tunteina. Viimeisellä rivillä on vuosien 2006 – 2010 väliltä modifioitujen radioiden vikaantumistiheys, joka on X tuntia.

TAULUKKO 11. Vikaantumisväli vuosikohtaisesti**KÄYTTÖ RAJOITETTU****4.8 Radion vikaantumismäärä**

Taulukossa 12 esitetään ensimmäisellä rivillä toteutunut vikaantumismäärä ajanjaksolla 1998 - 2010. Seuraavilla riveillä nähdään vikaantumismääräennusteet sekä erikseen Hornetille ja Hawk Mk.66:lle että molemmille yhteensä.

TAULUKKO 12. Vikaantumismäärä**KÄYTTÖ RAJOITETTU**

RT-1728A radio on osoittautunut varsin luotettavaksi laitteeksi, eikä tähän mennessä ole havaittavissa merkkejä, että vikaantumiset olisivat kasvamaan päin. Jossain vaiheessa voi kuitenkin olettaa näin käyvän, koska vikaantumistiheys voi kasvaa laitteen läheisyydessä elinkaaren loppua.

4.9 Moduulien vikaantumistiheys ja -määrä

Moduulien vikaantumistiheyden laskemisessa käytettiin vuosien 1998 – 2010 lentotuntitilastoja ja laskettiin arvot jokaiselle moduulille. Tulokset esitetään taulukossa 13.

TAULUKKO 13. Moduulien vikamäärä ja vikaantumisväli

KÄYTTÖ RAJOITETTU

5 TESTILAITTEET

RT-1728A radio testataan Patrialla valmistetulla testiasemalla, joka on tarkoitettu kokonaisen radion testaamiseen. Moduuleiden testaukseen se ei sovellu ja siitä syystä alamoduulit onkin korjautettu valmistajalla.

Testilaite on omatuotantoa, se on valmistettu Patrian toimesta vuonna 2001 ja siihen on tehty modifikaatio vuonna 2006. Modifikaatio liittyy radioon suoritettuun modifikaatioon ja sen myötä tulleisiin uusiin toimintoihin.

Penkki on filosofialtaan ns. automaattitestiasema. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki mittaukset tapahtuvat tietokoneen ohjaamana. Testausohjelman käynnistämisen jälkeen operaattori saa toimintaohjeet tietokoneen näytölle, joita hän orjallisesti noudattaa.

Testipenkin sisältämät signaaligeneraattorit ym. ohjauslaitteet tuottavat radiolle tarvittavat signaalit ja jännitteet tietokoneen ohjaamana. Erilaiset mittalaitteet mittaavat niin ikään tietokoneen ohjaamana kohta kohdalta kaikki kussakin testikohdassa kullekin toiminnalle vaadittavat signaalit. Testin lopuksi saadaan raportti testauksesta.

Testilaite on suhteellisen uusi laite ja se on osoittautunut luotettavaksi, mutta sisältää mm. tietokoneen, jonka PCI-paikkaisen emolevyn saaminen 10 vuoden kuluttua saattaa olla mahdotonta. Jonkin verran huoltotöitä joudutaan tekemään vuoteen 2035 mennessä, mutta koska penkki on Patrian omaa valmistetta, penkin ylläpito on enemmän kuin mahdollista.

6 OHJEET JA DOKUMENTIT

RT-1728A radion testausta varten on ohje MA-TO-ARA-031D, joka käytännössä opastaa, miten laite kytketään testiasemaan ja miten testiohjelma käynnistetään. Varsinaiset testausohjeet operaattorille tulevat testiaseman näytölle sitä mukaa, kun testaus etenee. Moduulitason testausta varten ei Suomessa ole ohjeistusta, koska testilaitteitakaan moduulitestauksen suorittamiseen ei ole.

Patrian hallussa on epäviralliset, päivityksen ulkopuolella olevat versiot radion kytkentäkaavioista, osasijoittelukuvista ja osaluetteloista, mutta ne eivät kaikilta osin ole paikkansapitäviä. Nämä dokumentit on saatu radion huoltokurssin yhteydessä laitevalmistajalta.

RT-1728 radion dokumentit (modifioimattoman radion dokumentaatio):

- ARC-210 Radio Receiver-Transmitter, Intermediate Maintenance. Tämä dokumentti sisältää yleisesittelyn, lohkokaaviot toiminnoista sekä testausohjeen valmistajan testilaitteilla.
- AN/ARC-210(V) LESSON PLAN, kurssisuunnitelma.
- AN/ARC-210(V) TRAINEE GUIDE, Circuit card layout book, sisältää osasijoittelukuvat ja osaluettelot. Ei ole kaikilta osin paikkansapitävä.
- AN/ARC-210(V) TRAINEE GUIDE, Diagram book, sisältää piirikaaviokuvat.
- AN/ARC-210(V) TRAINEE GUIDE, Trainee workbook, kurssimateriaali.
- Avionics installation instructions for AN/ARC-210(V) family
- Avionics bench, preflight, and flight test instructions for AN/ARC(V) family, testiohje valmistajan testipenkissä.
- Acceptance test procedure for ARC-210 equipment, RT-1728, hyväksyntätestiohje.

Suomen testilaitteelle on olemassa seuraavat dokumentit:

- 19268W86 Valmistuskertomuskansio, RT-1728A testilaite
- 19268W24 Ohjelmistokansio, ARC-210 testilaite

7 POHDINTA

7.1 Yleistä

Tämän hetken testilaitteisto, ohjeistus ja dokumentaatio eivät ole sen laatuksia, että Patria kykenisi korjaamaan RT-1728A radiota, ainoastaan kokonaisen radion testauskyky on olemassa. Seuraavissa kappaleissa selvitetään asiakohteisesti yhteenvetona nykytilanne ja otetaan kantaa, mitä tulisi tehdä, jotta kotimainen huoltovalmius RT-1728A radiolle saataisiin.

7.2 Testilaitteet

Nykyisellä testilaitteella kyetään testaamaan radio kokonaisuutena ja paikallistamaan vika moduulitasolla. Johtuen moduulien rakenteesta, ei jatkokorttia voida hyödyntää. Jatkokortti on kortti, jonka molemmissa päissä on liittimet, ja jolla moduuli saadaan ulos laitekotelosta mittauksia varten. Moduulit on rakennettu siten, että niissä on kaksi piirikorttia asennettu vastakkain, ja monessa moduulissa on lisäksi kolmas piirikortti niiden välissä, jolloin mittauksia ei kyetä tekemään vaikka moduuli olisikin jatkokortin päässä.

Jotta jatkossa kyettäisiin ylläpitämään RT-1728A radio ja korjaamaan siihen ilmaantuvat viat, tulisi ilmavoimien hankkia testipenkki moduulien testaukseen. Nykypäivänä laitevalmistajat haluavat pitää laitekorjauksen itsellään, koska se on tuottoisaa toimintaa. Mikäli testipenkkejä on kaupan ensinkään, ne on hinnoiteltu niin korkealle, ettei kenenkään ole kannattavaa niitä ostaa, vaan tulee edullisemmaksi korjauttaa laitteet valmistajalla.

Koska valmistaja on lopettamassa tuen ko. radiolle, saattaa olla hyvinkin mahdollista, että Rockwell Collins on halukas myymään sille käyttämättömäksi jääneet testipenkit kohtuulliseen hintaan. Neuvotteluja laitevalmistelijan kanssa voisi harkita. Testipenkin valmistaminen itse on näillä dokumenteilla lähes mahdotonta.

7.3 Ohjeistus

Nykyinen ohjeistus on riittämätön tulevaisuuden ylläpidon kannalta. Patrian hallussa oleva dokumentaatio ei ole kaikilta osin paikkansapitävää ja ennen kaikkea se ei ole virallista, päivityksen alaista.

Testipenkin lisäksi tulisi hankkia ohjeet moduulitestauksen suorittamiseen. Myös kaikki tarpeellinen ajanmukainen dokumentaatio radiolle, sisältäen kytkentäkaaviot, osasijoittelukuvat ja osaluettelot, on välttämättömyys huoltotoiminnalle.

Vastaava ohjeistus tulisi saada myös moduulitestipenkille. Ohjeistus penkin toimintatarkastukseen ja kalibrointiin, kytkentäkaaviot, osasijoittelukuvat ja osalistat ovat välttämättömiä, jotta testilaitteet voitaisiin pitää yllä. Neuvotteluihin Rockwell Collinsin kanssa tulisi liittää testipenkin hankinnan lisäksi myös ohjeistus ja dokumentaatio.

7.4 Koulutus

Nykyisellä henkilöstöllä on taito ja koulutus nykyisiin RT-1728A radiolle tehtäviin toimiin, mutta ei moduulikorjaukseen. Testipenkin, ohjeistuksen ja dokumentaation hankintaneuvotteluihin tulisi lisätä koulutuksen ostaminen valmistajalta.

Vähintään kaksi henkilöä, yksi asentaja ja yksi tekninen tukihenkilö tulisi kouluttaa Rockwell Collinsin toimesta. Mielellään myös kalibrointihenkilön tulisi osallistua penkin kalibrointikoulutukseen. Tapahtuuko tämä koulutus Suomessa vai ei, on myös neuvotteluasia.

7.5 Varaosat

Koska komponenttitason korjausta ei ole aikaisemmin harjoitettu, ei varaosakomponentteja ole varastoituna Suomessa lainkaan muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Nämä

poikkeukset ovat liittimiä ja potentiometri. Varaosien saatavuuteen ja riittävyteen koko radion elinkaaren ajaksi tämän tutkimuksen tuloksien pohjalta on hankalaa valmistautua.

Koska valmistajan suorittamista korjauksista ei ole yksityiskohtaista tietoa, ei saatu selville, mitä komponentteja on menneisyydessä rikkoontunut ja kuinka paljon. Muutama poikkeus oli, valmistaja on ilmoittanut muutaman vaihtamansa komponenttityypin, näistä neljä oli IC -piirejä.

Yksi niistä on rikkoontunut kahdesti. Tämä on Rockwell Collins osanumero 252-0087-030, jota vastaa valmistajan osanumero TL084MFK. Kyseinen komponentti on operatiovahvistin ja IHS BOM Managerin mukaan on tuotannossa vielä yli kahdeksan vuotta.

Toinenkin vaihdetuksi tiedetty komponentti yhdistettiin valmistajaan ja näin saatiin tuotantostatus selville. Se oli 252-0044-020 eli UC1843L joka sekin on tuotannossa yli kahdeksan vuotta. Loppujen vaihdetuiksi tiedettyjen kahden IC -piirin, kolmen diodin ja kahden kondensaattorin kohdalla on niin, että niiden valmistajan osanumeroa ei käytössä olevalla dokumentaatiolla kyetty selvittämään.

Obsoliittihallinta-ohjelma jätti tunnistamatta suuren määrän komponentteja ja siten jäi selvittämättä niiden tulevaisuuden saatavuustilanne. Tältä pohjalta on mahdotonta tehdä listaa niistä komponenteista jotka tulisi ostaa varastoon tulevaisuuden varalle.

Radion valmistajalla eli Rockwell Collinsilla tämä tieto varmasti on, joten kannattaisi tiedustella testipenkin ja dokumentaation ostoneuvotteluissa onko heillä tarjota tilastoja varaosien menekistä tähän nimenomaiseen radiomalliin. Kenties he olisivat halukkaita myymään myös varaosia. Tämänkin asian voisi liittää neuvottelupakettiin.

Vaikka radio onkin osoittautunut luotettavaksi ja vikaantumisväli on todettu suureksi, kaikilla laitteilla on taipumus muuttua epäluotettavammaksi kohti elinkaarensa loppua. Tähän asti sellaista viitettä ei ole nähtävissä, eikä näin ollen ole mitään minkä pohjalta voisi arvioida mitkä komponentit alkavat rikkoutua enenevässä määrin.

7.6 Pitäytyminen nykykonseptissa

Yksi vaihtoehto on se, että pitäydytään nykyisessä toimintamallissa eli korjataan radioita entiseen tapaan moduuleita vaihtamalla. Koulutusdatalinkki tullaan asentamaan todennäköisesti kaikkiin Mk.66-koneisiin, mutta ei Mk.51-koneisiin. Jäljempänä on laskettu laitteiden riittävyys pahimman skenaarion pohjalta eli kaikissa Hawkeissa on RT-1728A radio asennettuna ja molemmat konetyypit lentävät suunnitellut maksimitunnit.

Tilastojen valossa eniten vikaantuvien A2 ja A6 moduulien vikaantumisväli on ollut X tuntia. Kun Hornetilla ja Hawkilla lennetään vuoteen 2030 mennessä yhteensä X tuntia vuodessa, tarkoittaa tämä sitä, että edellä mainittuja moduuleita rikkoutuu tänä aikana kumpaakin X kappaletta. Tämän jälkeen Hawk lentää yksin kuusi vuotta X tuntia vuodessa, rikkoutuu tänä aikana X radiota.

Kun radioita on yhteensä X kappaletta, joista X kappaletta on Horneteissa ja X kappaletta on Hawkeissa jää varaosalaitteiksi X radiota. Kun koko radion jäljellä olevan elinkaaren aikana rikkoutuu X eniten vikaantuvaa moduulia, jää X radiota puskurivarastoksi. Elinkaaren lopulla vikaantuminen todennäköisesti lisääntyy, mutta varalaitteiden määrä tulee riittämään vaikka vikaantuminen lisääntyisi. Lisäksi mainittakoon, että tässä laskelmassa on oletettu, että harjoitusdatalinkki asennettaisiin jokaiseen Hawk-koneeseen, näin ei todennäköisesti tulla tekemään, joten esitetyissä lukemissa on jo varmuuskerrointa valmiiksi.

7.7 Yhteenveto

Mitään estettä RT-1728A radion Hawk-käytölle ei tämän tutkimuksen perusteella ole. Viisaimmalta vaihtoehdolta näyttää pitäytyminen nykyisessä korjausmetodissa, koska varaosiksi jää niin runsas määrä laitteita. Tässä tapauksessa ei tarvitse tehdä varaosahankintoja eikä suorittaa komponenttien saatavuusseurantaa. Oletettavasti moduulitestauslaitteisto ohjeineen ja dokumentteineen tulisi olemaan niin suuri investointi, ettei niiden hankkiminen ole taloudellisestikaan kannattavaa otaksutuilla korjausmäärillä. Viime vuosien aikana radioita on vikaantunut vain X kappaletta vuodessa.

Mikäli halutaan pelata varman päälle ja hankkia moduulikorjauskyky, tulee hankkia seuraavat asiat:

- Testilaite moduulien testaamiseen
- Testaus- ja korjausohjeet moduuleille
- Täydellinen ja ajanmukainen dokumentaatio RT-1728A radiolle
 - kytkentäkaaviot
 - osasijoittelukuvat
 - osaluettelot
- Kalibrointiohje moduulitestipenkille
- Täydellinen dokumentaatio moduulitestipenkille
 - kytkentäkaaviot
 - osasijoittelukuvat
 - osaluettelot
- Koulutus moduulikorjauksesta asentajalle ja tekniselle tukihenkilölle
- Koulutus penkin kalibrointiin
- Varaosapaketti ja varaosamenekki valmistajan kokemuksen pohjalta

Lisäksi tulee suorittaa jatkuvaa varaosien saatavuusseurantaa.

LÄHTEET

DatasheetCatalog. Luettu 4.6.2013.

<http://www.datasheetcatalog.com>

IHS BOM Manager, luettu 6.6.2013

<http://www.ihs.com>

Ilmavoimien LTJ –järjestelmä

Puolustusvoimien www-sivut. Luettu 2.6.2013

<http://www.puolustusvoimat.fi>

Texas Instruments logic cross-reference. Luettu 17.6.2013.

<http://www.ti.com/lit/ml/scyb017a/scyb017a.pdf>